Bridges Design Diploma

By EngoSoft training center

By Eng. Amr Ali
Bridges/Structural Engineer



Live Load As Egyptian Code

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

Number Of Lanes (Cl. 5.2.1):

١ – يعرف عرض الطريق (W) على أنة البعد الداخلي الصافي بين حافتي الرصيف أو بين حواجز المرور للطريق.

٢ – عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور دائمة (رصيف ثابت) فإنه يتم تقسيم كل اتجاه على حده إلى حارات مرور افتراضية.

٣ – عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور مؤقتة فإنه يتم تقسيم سطح الكوبري كله إلى حارات مرور افتراضية. في هذة الحالة فإن العرض الكلى لسطح الكوبري يشمل عرض حواجز المرور المؤقتة.

٤ – عندما ينقسم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بدون وجود فاصل تمدد طولي فإنه يتم استخدام ترقيم واحد فقط لاتجاهى المرور على سطح الكوبري كله. أي أن اتجاهي المرور بهما حارة واحدة فقط لها رقم (١) أو (٢) كما هو موضح بالشكل رقم (٥–١).

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

ENGO SOFT
EGYPT

Number Of Lanes (Cl. 5.2.1):

٥ – عندما يتكون الكوبري من سطحين منفصلين بواسطة فاصل تمدد أو سطحين متواجدين على مستويين مختلفين فإن الحارات المرورية لكل سطح يكون لها ترقيمها المنفصل والخاص بتصميم كل سطح على حده .

٦ – عند تصميم كتف أو عمود مشترك يرتكز عليه سطحى كوبرى منفصلين يستخدم ترقيم واحد فقط للسطحين.

٧ – عند ارتكاز سطحي الكوبري المنفصلين على دعامتين منفصلتين فإنه يتم ترقيم كل سطح على حده بغرض تصميم سطح ودعامة الكوبري.

٨– عرض حارة المرور الافتراضية المستخدمة في التصميم الإنشائي (W_L) تساوى ٣ متر .

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

Main Load on bridges (Cl. 5.3):

- يتم تمثيل الأحمال الرأسية من خلال ثلاثة نماذج كالآتي:

١ – نموذج التحميل رقم (١): وهو عبارة عن أحمال مركزة وأحمال منتظمة التوزيع يــتم توقيعها على حارات المرور لسطح الكوبري.

يستخدم فى دراسة كافة عناصر كبارى الطرق و جسم الكوبرى فى الاتجاة الطولى.

٢ – نموذج التحميل رقم (٢): وهو عبارة عن حمل مركز يستخدم لتصميم البلاطات لسطح الكوبري.

يستخدم فى دراسة جسم الكوبرى فى الاتجاة العرضة (transverse analysis)

٣ – نموذج التحميل رقم (٣): وهوعبارة عن حمل منتظم يمثل حمل المشاة.

يستخدم فى تصميم كبارى المشاة

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

Loading Model 1 (Cl. 5.3.1):

الرصيف
المساحة المتبقية حتى الرصيف ٢,٥ كن/م٢
١,٢
٠,٥
٢
٠,٥
مركبة ٦٠٠ كن
① ٩,٠ كن/م٢
مركبة ٤٠٠ كن
② ٢,٥ كن/م٢
مركبة ٢٠٠ كن
③ ٢,٥ كن/م٢
المساحة المتبقية حتى الرصيف ٢,٥ كن/م٢
الرصيف b
WL
WL
WL
عرض الطريق الكلى (W)
b أقل من ١,٥ متر ـــــ ٢,٥ كن/م٢
b أكبر من أو يساوى ١,٥ متر ـــــ ٥ كن/م٢

١ – يتكون نموذج التحميل رقم (١) من مجموعة من الأحمال المركزة والأحمال المنتظمة المؤثرة على حارات المرور كما هو موضح بالشكل رقم (٥-٢) حيث يتم ترتيب حارات المرور الافتراضية ترتيبا اختياريا بغض النظر عن ترقيمها وذلك طبقا لأسوأ حالات التحميل كالآتي :

أ – حارة المرور رقم (١) :

تؤثر عليها مركبة زنة ٦٠٠ كن (٦٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ١٥٠ كن (١٥ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٩ كن/م٢ (٩٠٠كجم/م٢) يؤثر على اجمالى مساحة حارة المرور.

ب – حارة المرور رقم (٢) :

تؤثر عليها مركبة زنة ٤٠٠ كن (٤٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ١٠٠ كن (١٠ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م٢ (٢٥٠ كجم/ م٢) يؤثر على إجمالى مساحة حارة المرور.

جـ – حارة المرور رقم (٣) :

تؤثر عليها مركبة زنة ٢٠٠ كن (٢٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ٥٠ كن (٥ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٢,٥كن/م٢ (٢٥٠كجم/م٢) يؤثر على إجمالى مساحة حارة المرور.

د – حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م٢ (٢٥٠ كجم/ م٢) يؤثر على اجمالى المساحة المتبقية لنهر الطريق والأرصفة ذات العرض الأقل من ١,٥متر.

هـ – حمل منتظم مقداره ٥ كن/م٢ (٥٠٠ كجم/ م٢) يؤثر على أرصفة المشاة و الجزر الوسطى التي يكون عرضها مساويا أو اكبر من ١,٥ متر.

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

Loading Model 1 (Cl. 5.3.1):

٢ – الأحمال المركزة والمنتظمة لنموذج التحميل رقم (١) تشمل معامل التأثير الديناميكي.

٣ – يتم أخذ حمل مركبة واحدة لكل حارة مرور افتراضية.

٤ – يجب عدم تقسيم حمل المركبة على حارات المرور.

٥ – يتم توقيع محور المركبة في اتجاه محور حارة المرور ومتطابقا معها (شكل٥- ٣).

٦ – مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مربع طول ضلعه ٠,٤ م (شكل ٥-٣).

٧ – عند تصميم البلاطات الخرسانية للكبارى تؤخذ أقل مسافة بين محورى العجلات لأى مركبتين فى حارتى مرور متلاصقتين ٠,٥٠ متراً . وفيما عدا ذلك لا تقل المسافة عـن ١,٠٠ متـر (شكل ٥-٣).

٨ – يتم توقيع الأحمال المركزة والأحمال منتظمة التوزيع على حارات المرور طبقـا لأسـوأ حالات التحميل.

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

ENGO SOFT EGYPT

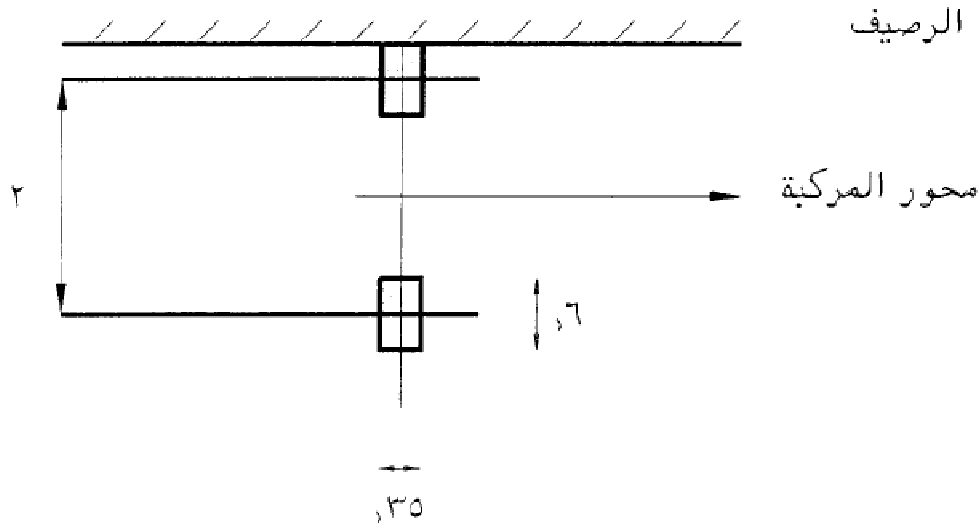
Loading Model 1 (Cl. 5.3.1):

جدول (٥-١) قيم الأحمال المركزة والمنتظمة على حارات المرور:

رقم حارة المرور	وزن المركبة كن (طن)	حمل العجلة للمركبة كن (طن)	الحمل المنتظم (على إجمالي مساحة حارة المرور) كن/م٢ (كجم/م٢)
حارة رقم (١)	٦٠٠ (٦٠)	١٥٠ (١٥)	٩ (٩٠٠)
حارة رقم (٢)	٤٠٠ (٤٠)	١٠٠ (١٠)	٢,٥ (٢٥٠)
حارة رقم (٣)	٢٠٠ (٢٠)	٥٠ (٥)	٢,٥ (٢٥٠)
المساحة المتبقية	صفر	صفر	٢,٥ (٢٥٠)

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

Loading Model 2 (Cl. 5.3.2):



شكل (٥-٤) نموذج التحميل رقم (٢)

٥-٣-٢ نموذج التحميل رقم (٢) :

١ – يستخدم هذا النموذج لتصميم البلاطات لسطح الكوبري.

٢ – يتكون نموذج التحميل رقم (٢) من عجلتين على محور واحد المسافة بينهما ٢ متر، حمل العجلة الواحدة ٢٠٠ كن (٢٠طن) تشمل معامل التأثير الديناميكي.

٣ – مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مستطيل بأبعاد ٠,٣٥ × ٠,٦ م (شكل ٥-٤).

٤ – يجوز استخدام حمل عجلة واحدة فقط من نموذج التحميل في حالة الضرورة.

٥ – يتم اخذ التأثير الديناميكي لمقطع البلاطة الواقع بجوار فواصل التمدد وذلك بزيادة الحمل بنسبة (I) طبقا للمعادلة التالية:

$$I = 0.3\,(1 - D/6) \qquad (5.1)$$

حيث :

I معامل التأثير الديناميكى الإضافى

D بعد القطاع عن فاصل التمدد بالمتر

٦ – عند تصميم فواصل التمدد يتم زيادة اخذ الديناميكي للحمل بنسبة ٣٠ %.

٧ – يراعي في تصميم البلاطات أخذ حالة التحميل الأسوأ لنموذج التحميل رقم (١) أو (٢) وخصوصا في حالة الكبارى المعدنية ذات الأعصاب المتعامدة (Orthotropic decks).

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

Loading Model 2 (Cl. 5.3.2):

٥-٣-٢ نموذج التحميل رقم (٢) :

١ – يستخدم هذا النموذج لتصميم البلاطات لسطح الكوبري.

٢ – يتكون نموذج التحميل رقم (٢) من عجلتين على محور واحد المسافة بينهما ٢ متر، حمل العجلة الواحدة ٢٠٠ كن (٢٠طن) تشمل معامل التأثير الديناميكي.

٣ – مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مستطيل بأبعاد ٠,٣٥ × ٠,٦ م (شكل ٥-٤).

٤ – يجوز استخدام حمل عجلة واحدة فقط من نموذج التحميل في حالة الضرورة.

٥ – يتم اخذ التأثير الديناميكي لمقطع البلاطة الواقع بجوار فواصل التمدد وذلك بزيادة الحمل بنسبة (I) طبقا للمعادلة التالية:

$$I = 0.3\,(1\text{-}D/6) \qquad (5.\,1)$$

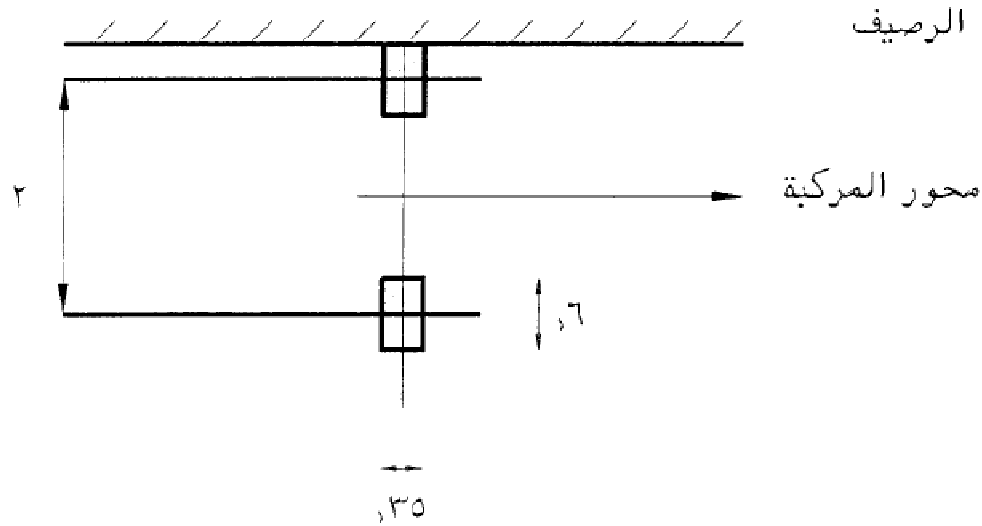
حيث :

I معامل التأثير الديناميكى الإضافى

D بعد القطاع عن فاصل التمدد بالمتر

٦ – عند تصميم فواصل التمدد يتم زيادة اخذ الديناميكي للحمل بنسبة ٣٠ %.

٧ – يراعي في تصميم البلاطات أخذ حالة التحميل الأسوأ لنموذج التحميل رقم (١) أو (٢) وخصوصا في حالة الكبارى المعدنية ذات الأعصاب المتعامدة (Orthotropic decks).



شكل (٥-٤) نموذج التحميل رقم (٢)

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

ENGO SOFT
EGYPT

Loading Model 3 (Cl. 5.3.3):

٥-٣-٣ نموذج التحميل رقم (٣) :

نموذج يمثل حمل المشاه ويتكون من حمل منتظم التوزيع مقـــداره ٥,٠٠ كـــن/م٢ (٥٠٠ كجم/م٢) يشمل معامل التأثير الديناميكي. ويتم توقيع هذا الحمل على اجمالى مـــساحة الكـــوبري شاملة الأرصفة والجزر الوسطى كحالة تحميل مؤقتة .

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

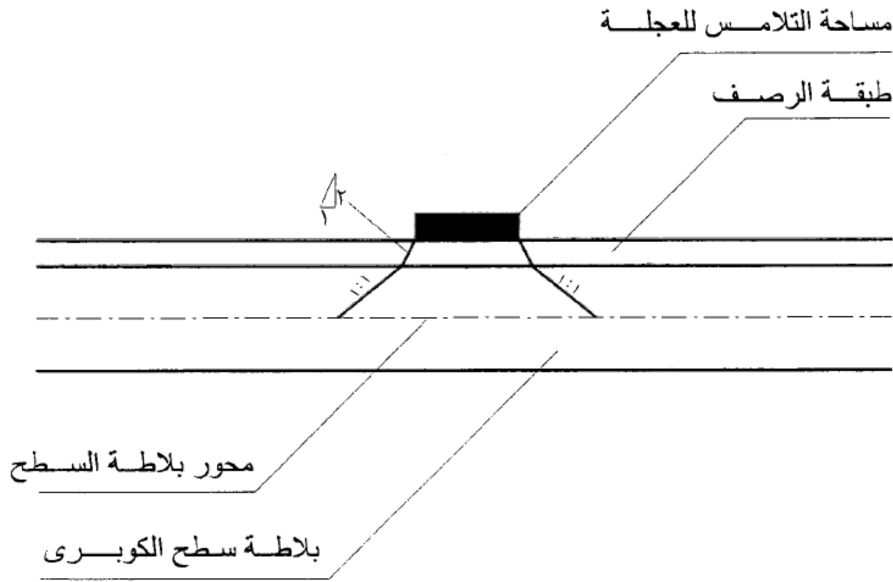
Load dissipation through wearing surface and slab (Cl. 5.3.4):

٥-٣-٤ طريقة توزيع الحمل المركز:

١ - يتم أخذ الأحمال المركزة والموضحة بنموذج التحميل رقم (١) على أساس أنهـا أحمـال موزعة بانتظام على مساحة التلامس للعجلة (٠,٤ × ٠,٤ م).

٢ - يتم أخذ الأحمال المركزة والموضحة بنموذج التحميل رقم (٢) على أساس أنهـا أحمـال موزعة بانتظام على مساحة التلامس للعجلة (٠,٦ م × ٠,٣٥م).

٣ - يتم توزيع الحمل خلال طبقة الرصف و البلاطة الخرسانية لسطح الكـوبرى حتـى مـستوى منتصف البلاطة الخرسانية (شكل ٥-٥) او حتى مستوى الشفة العلوية للكمرة المعدنية لسطح الكوبرى فى حالة الكبارى ذات الاعصاب المتعامدة (Orthotropic) شكل (٥- ٦).



شكل (٥-٥) توزيع الحمل المركز خلال طبقات الرصف وبلاطة السطح لكوبرى خرسانى او لكوبرى معدنى مركب (Composite)

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

ENGO SOFT
EGYPT

Braking Load (Cl. 5.4.1):

٥-٤-١ قوى الفرامل :

١ – تؤخذ قوى الفرامل كقوة طولية مؤثرة عند مستوى سطح الطريق.

٢ – توقع قوى الفرامل على طول محور أي حارة تحميل افتراضية وتـوزع بانتظـام علـى الطول المحمل للمحور (L).

٣ – تحسب قوى الفرامل طبقا للمعادلة التالية بحيث لا تزيد عن ٩٠٠ كن (٩٠ طن).

$$Q_L = 360 + 2.7L \quad (kN) \qquad (5.2)$$

حيث:

L = الطول المحمل من الكوبري (بالمتر).

Design Vehicular Live Load as Egyptian Code

ENGO SOFT EGYPT

Centrifugal force (Cl. 5.4.2):

٥– ٤– ٢ قوى الطرد المركزية والقوى الافقية الاخرى

١ – فى حالة الكبارى التى تقع على منحنيات تؤخذ قوى الطرد المركزية كقوة مركزة عرضية عمودية على المماس لمحور الطريق ومؤثرة عند مستوى سطح الطريق.

٢ – يوضح الجدول (٥–٢) قيم قوى الطرد المركزية متضمنا التأثير الديناميكي.

حيث:

r نصف قطر الانحناء الأفقي لمحور الطريق (بالمتر).

Q_v مجموع أوزان عربات التحميل المستخدمة بنموذج التحميل رقم (١) (kN).

جدول (٥ – ٢) قيم قوى الطرد المركزية (Q_t).

نصف قطر الانحناء	قيم قوى الطرد المركزية
$r \leq 200$ m	$Q_t = 0.2\ Q_v$ (kN)
$200 < r \leq 1500$ m	$Q_t = 40\ Q_v/r$ (kN)
$r > 1500$ m	$Q_t = 0$

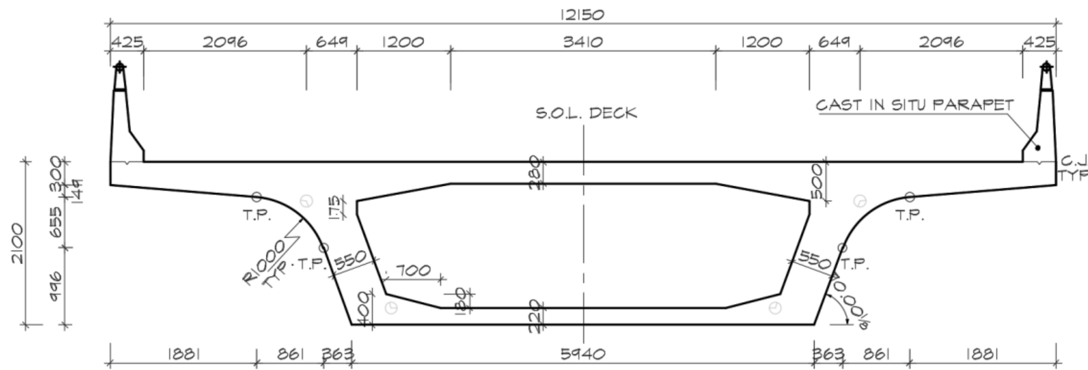
بفرض أخذ ثلاث عربات تحميل لطريق ٣ حارات فأن قيمة قوى الطرد المركزية لنصف قطر ٣٠٠ متر تكون ١٦٠ كن (١٦ طن). بالنسبة لطريق حارتين تصبح قوى الطرد المركزية ١٣٣ كن (١٣,٣ طن).

٣ – تؤخذ قوى فرملة عرضية (نتيجة الفرملة المائلة أو الإنزلاق) مقدارها ٢٥ % من قيمة الفرملة الطولية فى نفس اتجاه قوى الطرد المركزية ومضافة إليها.

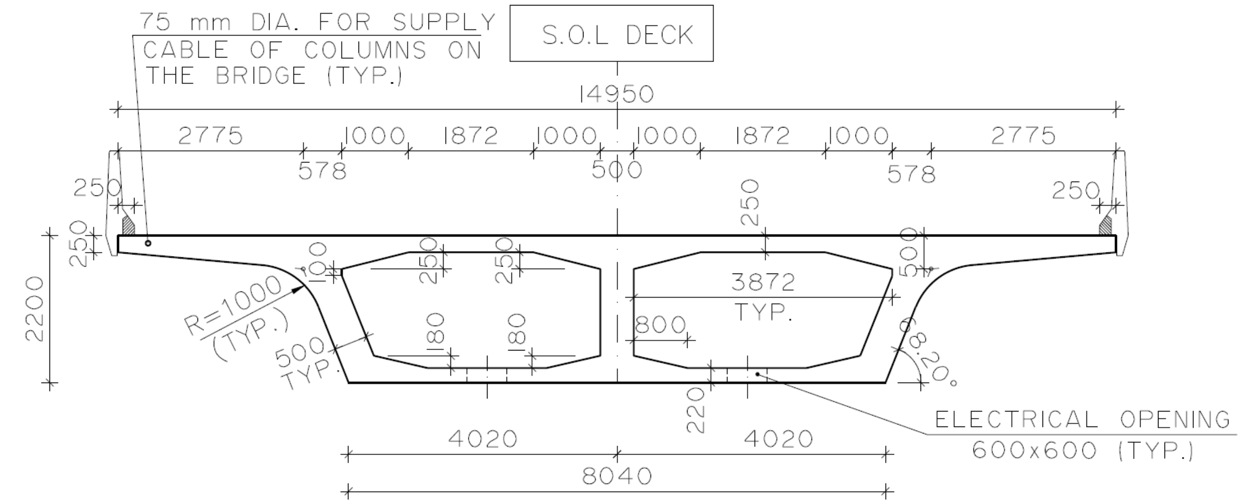
Box Girder Deck Section Dimensions

Box Girder Bridge Section Dimensions

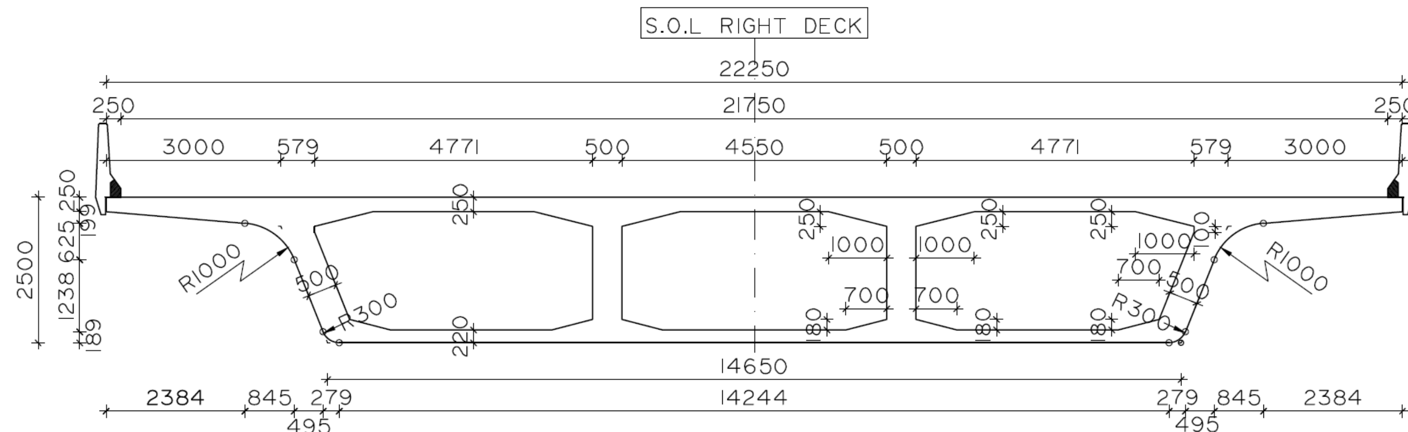
Section Dimensions:



Single Cell Box Girder



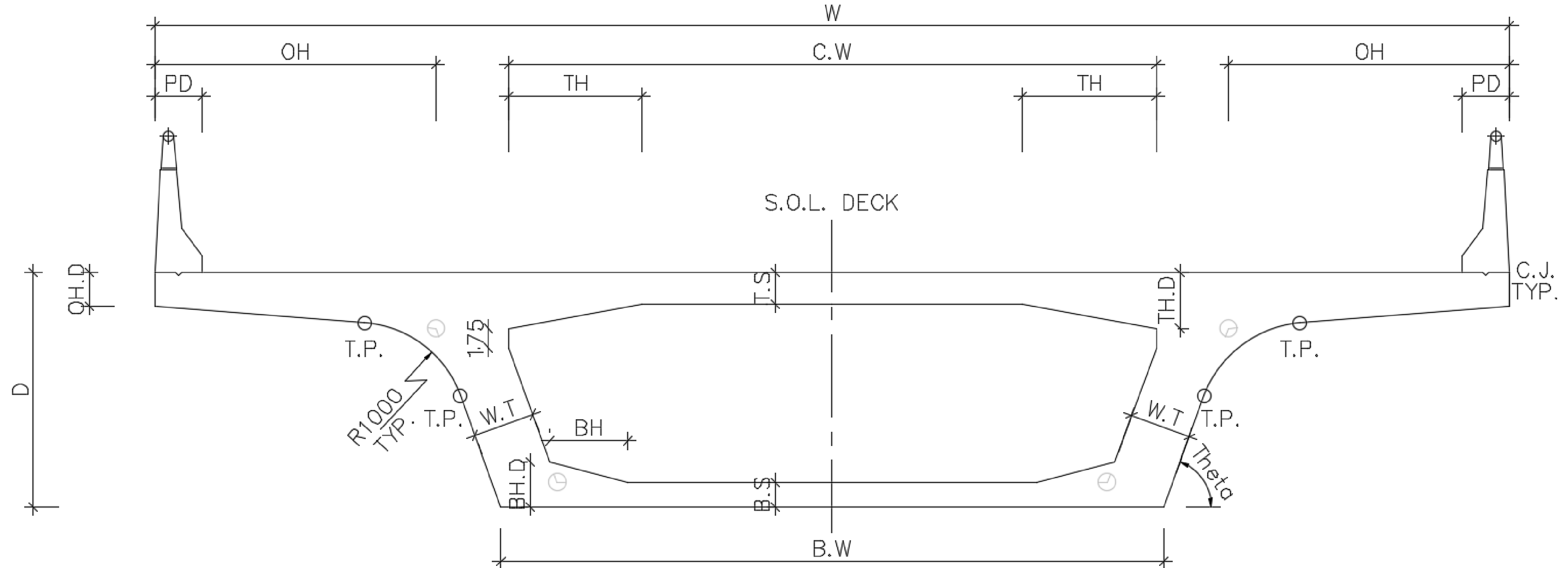
Double Cell Box Girder



Triple Cell Box Girder

Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions:

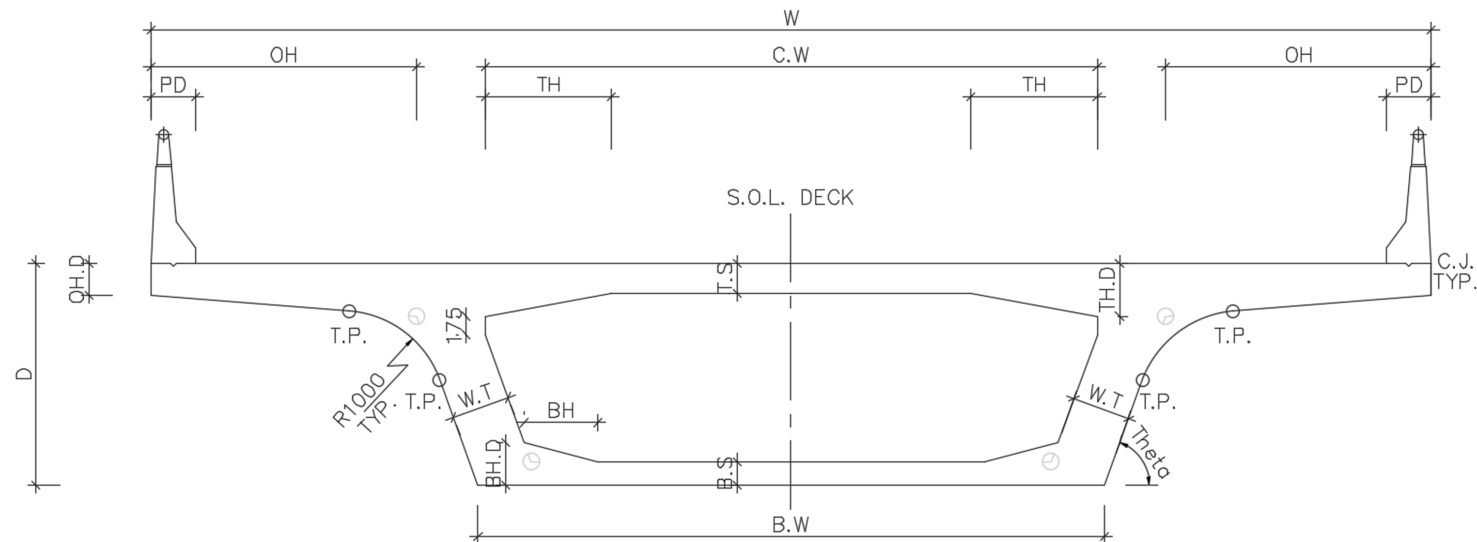


Control Dimensions In choosing the box Section

Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

- **Total Width (W):**
  - Based on the road width form transportation engineer.
  - The seating width of the parapet.
  - W = TR (w) + PD * 2

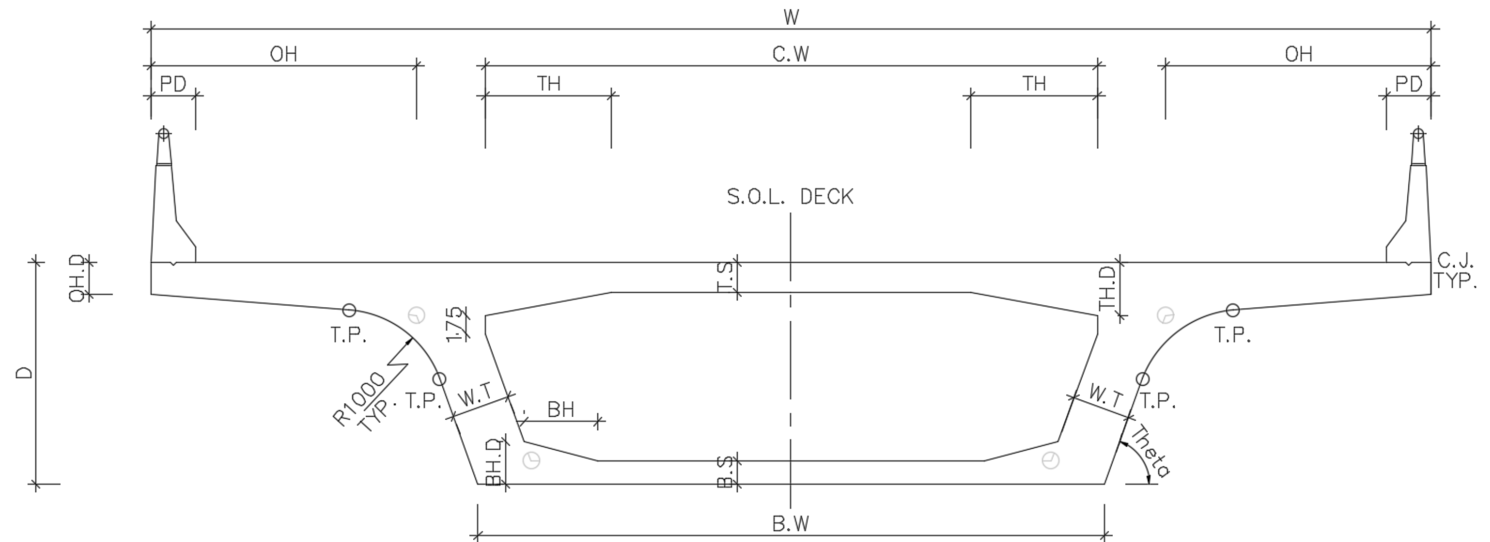


Box Girder Bridge Section Dimensions



Section Dimensions

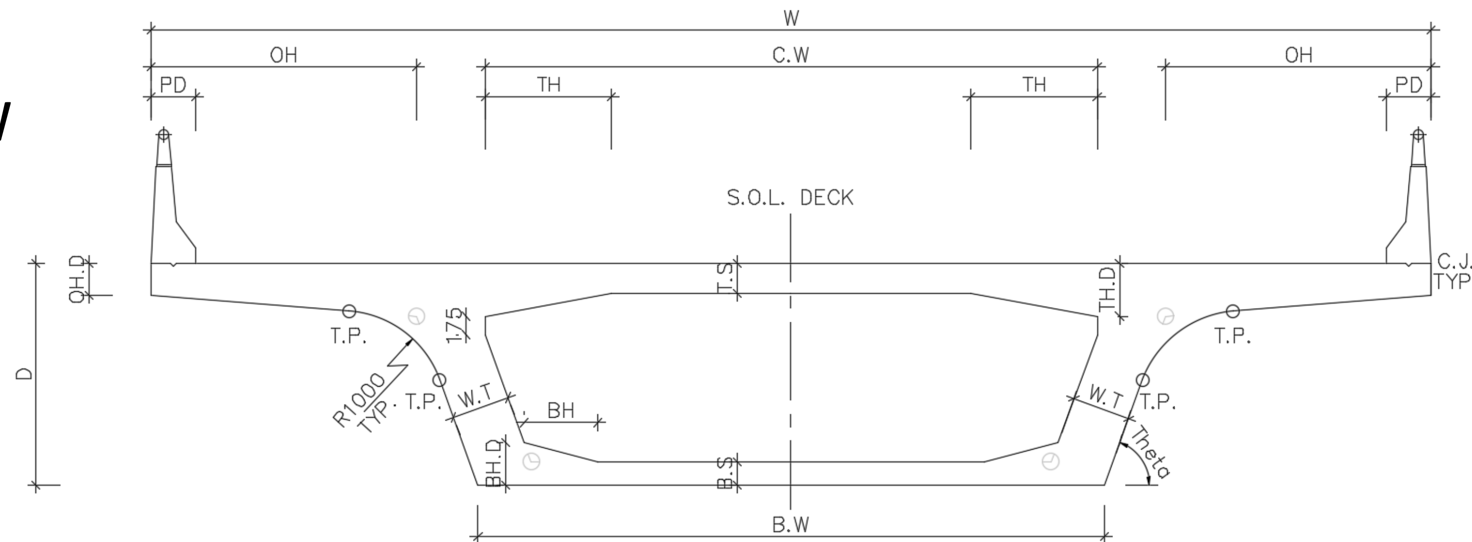
- Parapet seating width (PD):
  - Based on the parapet design and collision test level load.
  - PD = 0.25 ~ 0.5 m



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

- Cell Width (CW) & Overhang length (HO):
  - Practically we choose the overhang length (OH) = 0.5 ~ 0.7 the cell width (CW)
  - To get a good distribution of moments over the top slab of the box girder in the transverse direction.
  - W = CW + 2*(0.5~0.7)CW
  - Get CW
  - Get OH

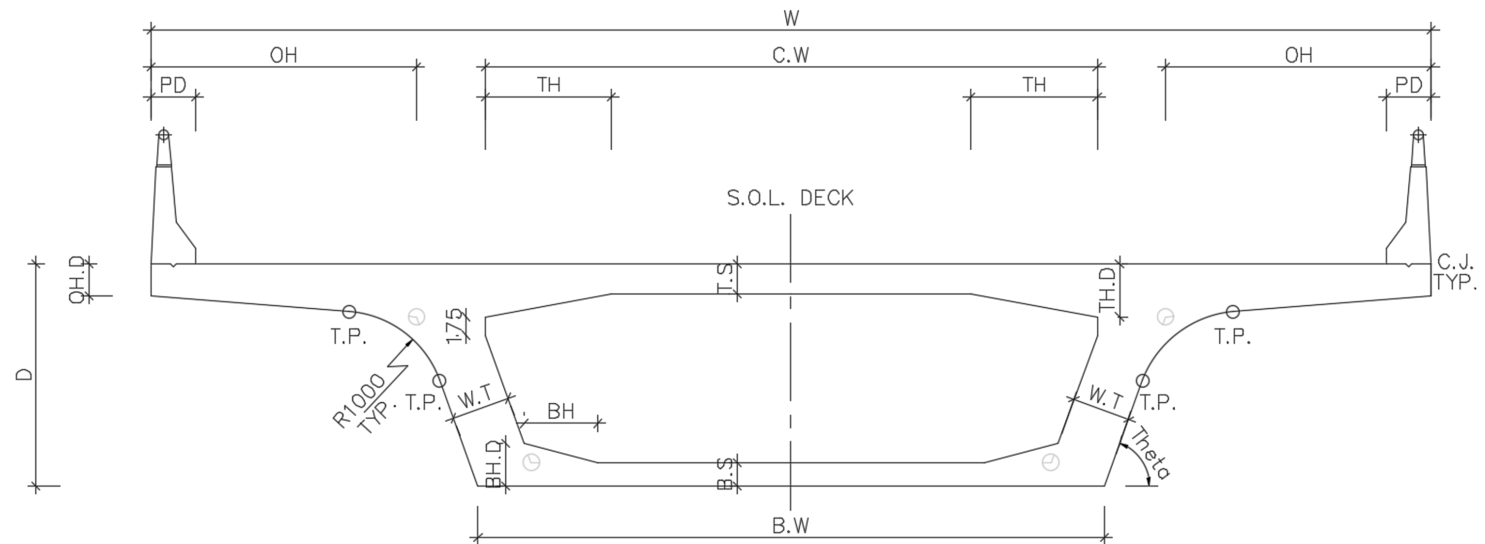


Box Girder Bridge Section Dimensions



Section Dimensions

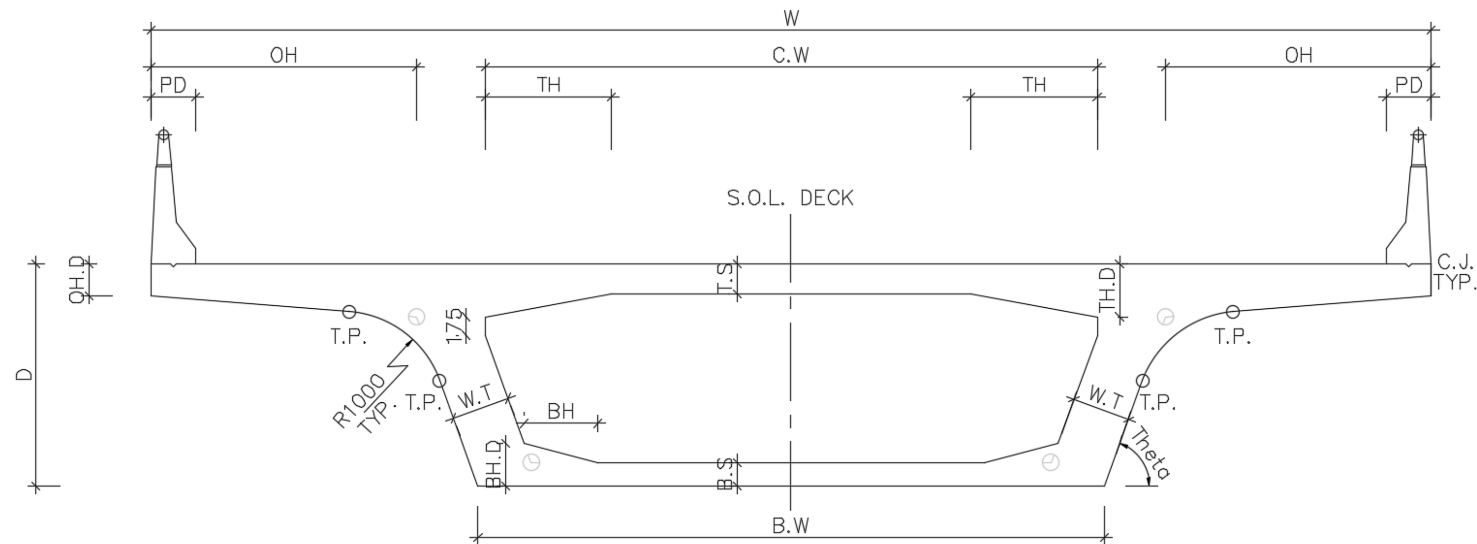
- Cell Width (CW) & Overhang length (HO):
  - Cell width recommended to not be more than 4.50 ~ 5.0 m to avoid excessive moments on the top slab.
  - CW ≤ 4.5 ~ 5.0 m



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

- Cell Width (CW) & Overhang length (HO):
  - Incase the width was more than 5.0m multiple cell box girder shall be used.
  - W = n*CW+2*(0.5~0.7) CW
  - Where,
    n = the number of cells
  - Get CW.
  - Get OH.

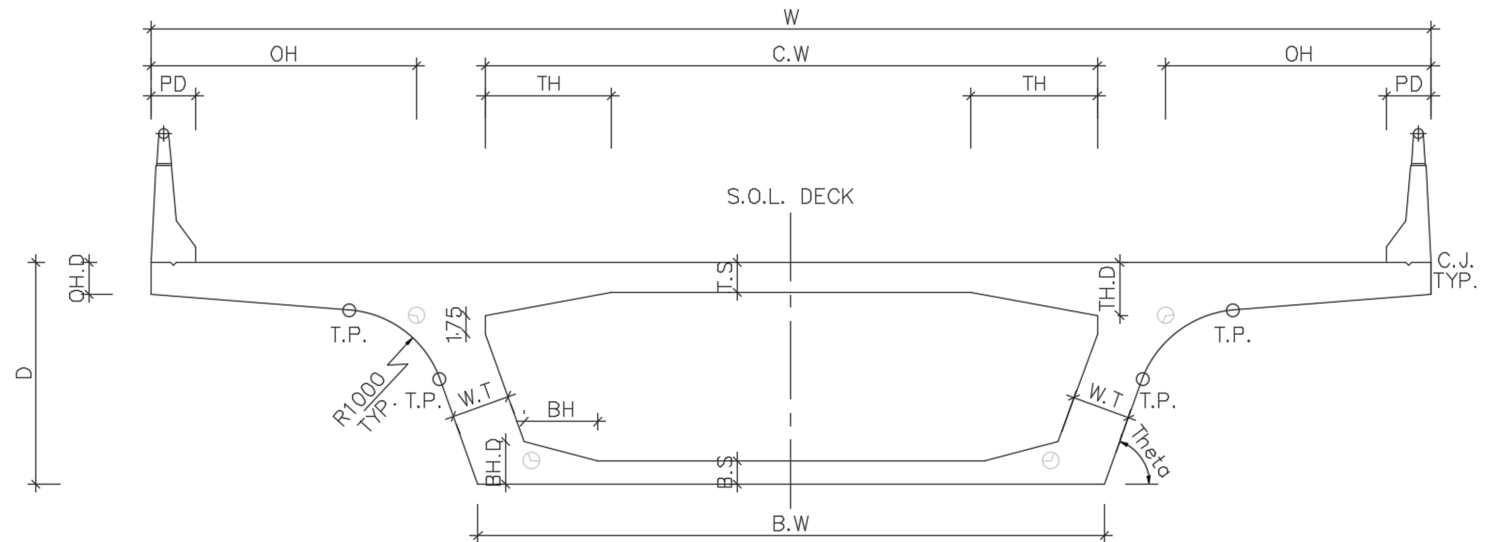


Box Girder Bridge Section Dimensions



Section Dimensions

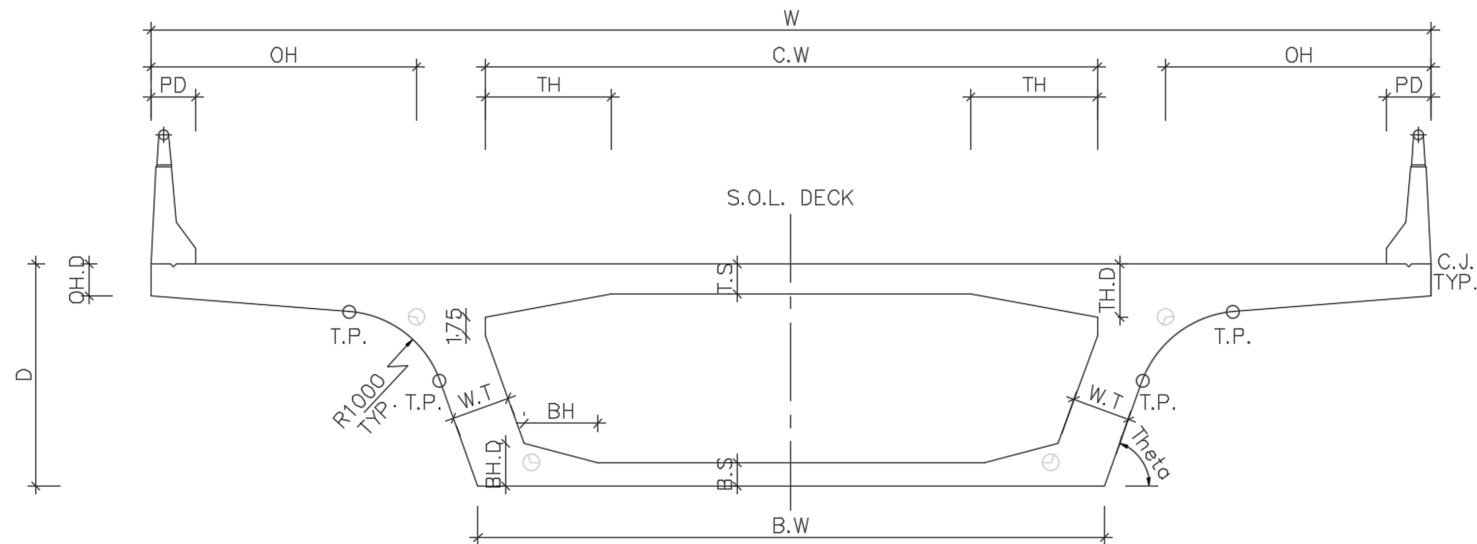
- Top Slab Thickness (T.S):
  - The top slab thickness (T.S) varies from 0.25 to 0.35 m based on the Cell Width.
  - For typical cell width (CW) < 4.00 m top slab thickness shall be 0.25 m.
  - T.S = 0.25 ~ 0.35 m



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

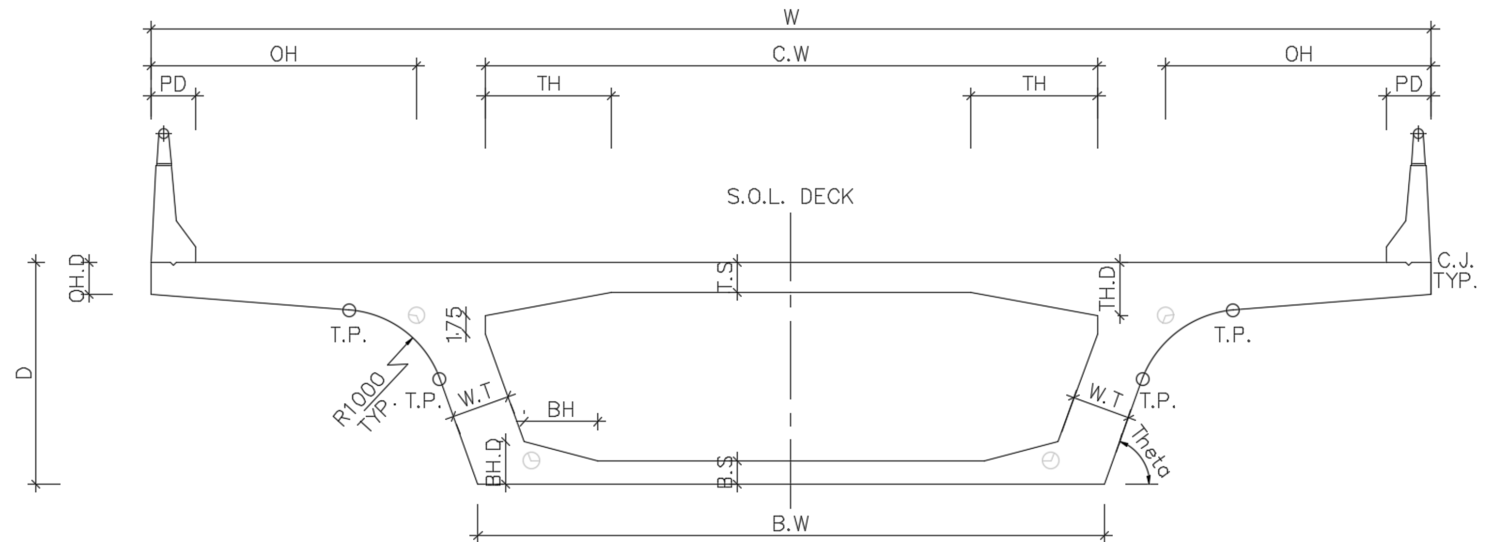
- Top Slab Hunch length (TH):
  - The top slab Hunch Length is a rounded ratio of the cell width.
  - Practically this ratio can be 0.2 of the cell width.
  - TH ≈ 0.2 CW



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

- **Top Slab Hunch thickness (TH.D):**
  - The top slab Hunch thickness is used to resist the excessive negative moment at the ends of the top slab.
  - Practically of typical Cell Width the Hunch Thickness shall be 0.45 ~ 0.55 m.
  - TH.D = 0.45 ~ 0.55 m.

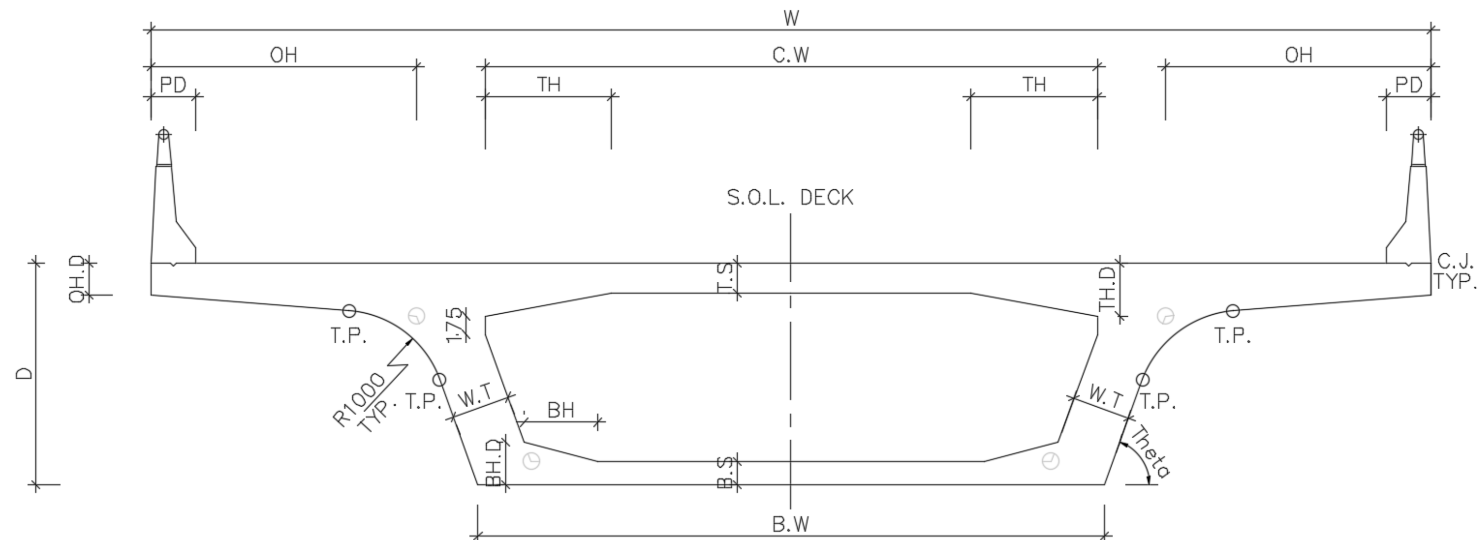


Box Girder Bridge Section Dimensions



Section Dimensions

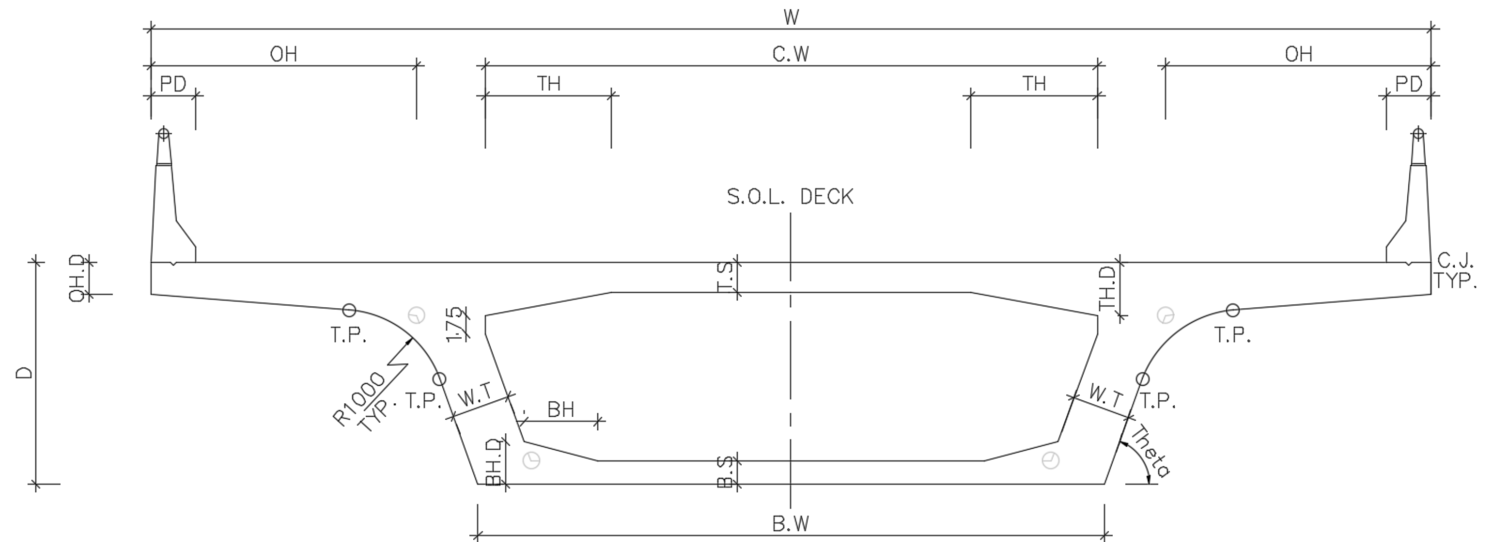
- Bottom Slab Thickness (B.S):
  - The Bottom slab thickness (B.S) varies from 0.18 to 0.25 m based on the bottom width of the deck (B.W).
  - For typical cell width (CW) < 4.00m Bottom slab thickness shall be 0.22 m.
  - T.S = 0.18 ~ 0.25 m



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

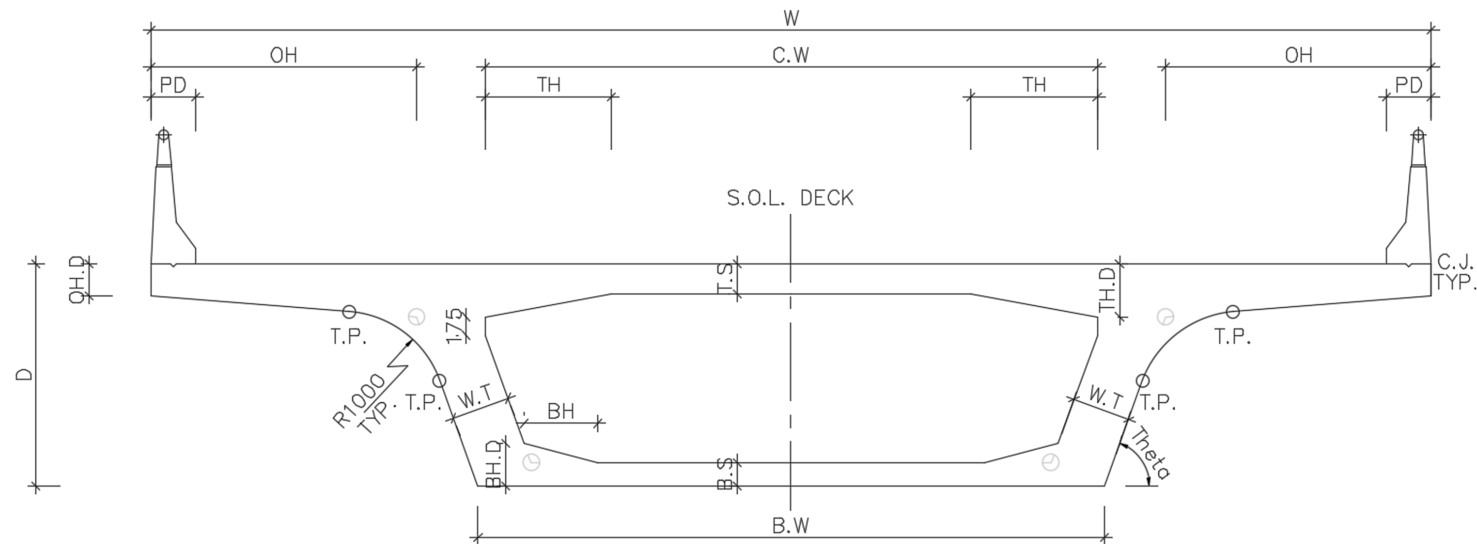
- Bottom Slab Hunch length (TH):
  - The bottom slab Hunch Length is a rounded ratio of the bottom Width.
  - Practically this ratio can be 0.2 of the bottom Width.
  - BH ≈ 0.2 B.W



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

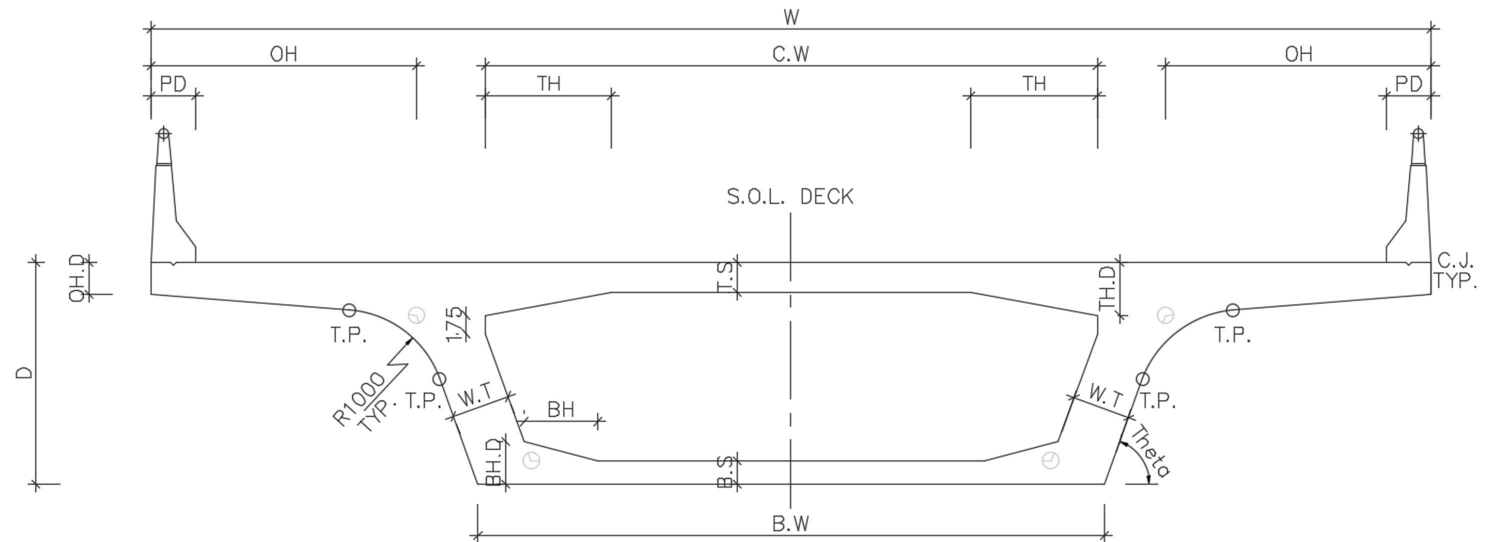
- **Bottom Slab Hunch thickness (TH.D):**
  - The Bottom slab Hunch thickness is used to resist the excessive negative moment at the ends of the Bottom slab.
  - Practically of typical Cell Width the Hunch Thickness shall be 0.35 ~ 0.45 m.
  - BH.D = 0.35 ~ 0.45 m.



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

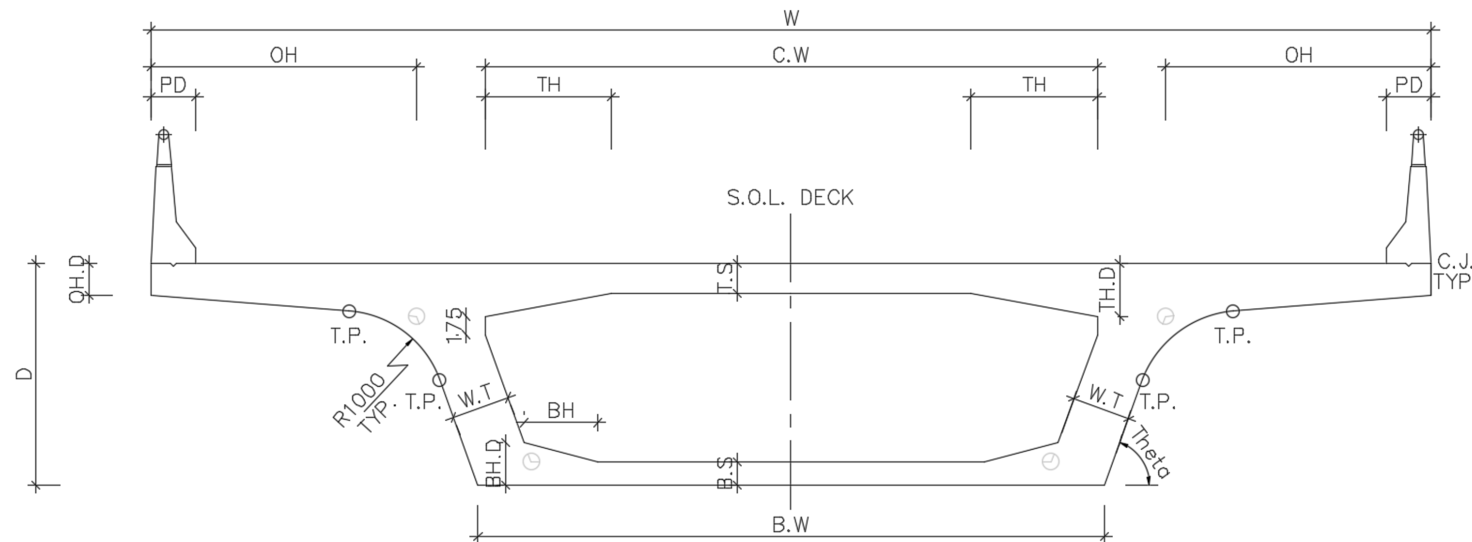
- Angle Theta (Theta):
  - For more economic box girder section and fro mthe aesthetic point of view the angle theta shall be chosen from 60 ~ 80 degree.
  - Theta = 60 ~ 80 Degree



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

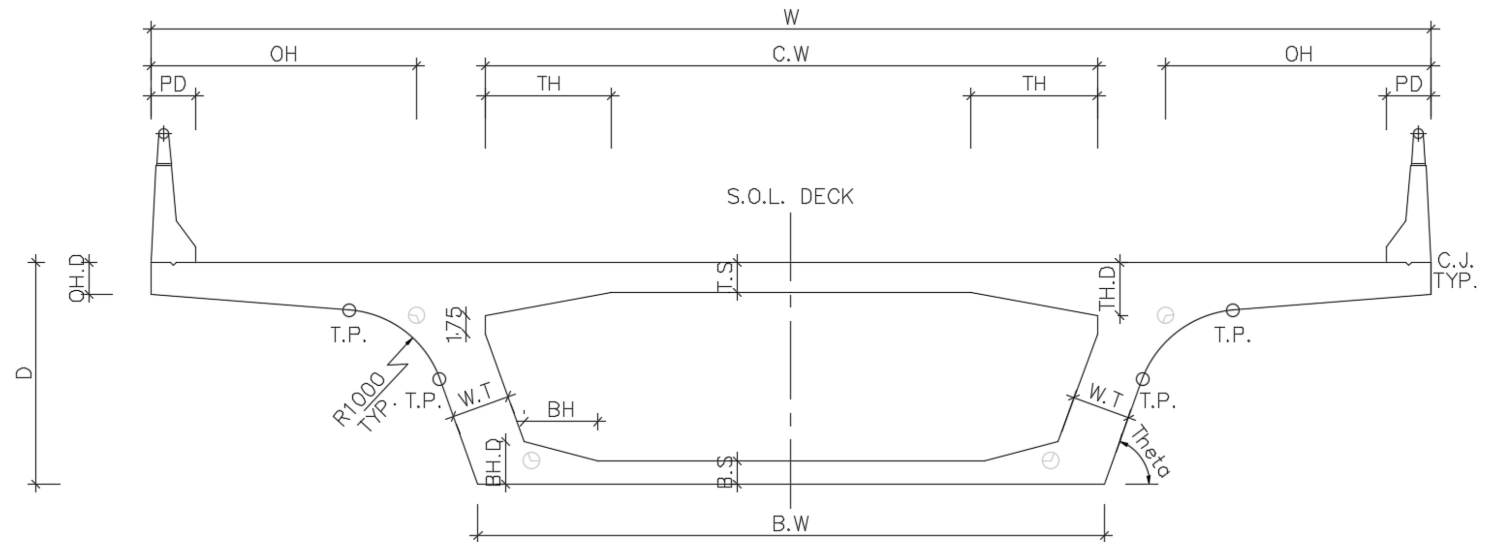
- Depth of the section (D):
    - The depth of the box girder section is based on the span.
    - Practically the span to depth ratio used depends on the type of girder either it is prestressed or non-prestressed.
    - For Prestressed S/D = 22 ~ 25.
    - For Non-prestressed S/D = 16 ~ 18.



Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

- Depth of the overhang (OH.D):
  - Typical depth used for the overhang is 0.25 m. and it is based on the detailing of the reinforcement of the parapet based on the design collision force on the parapet.
  - OH.D = 0.25



Box Girder Bridge Section Dimensions

ENGO SOFT EGYPT

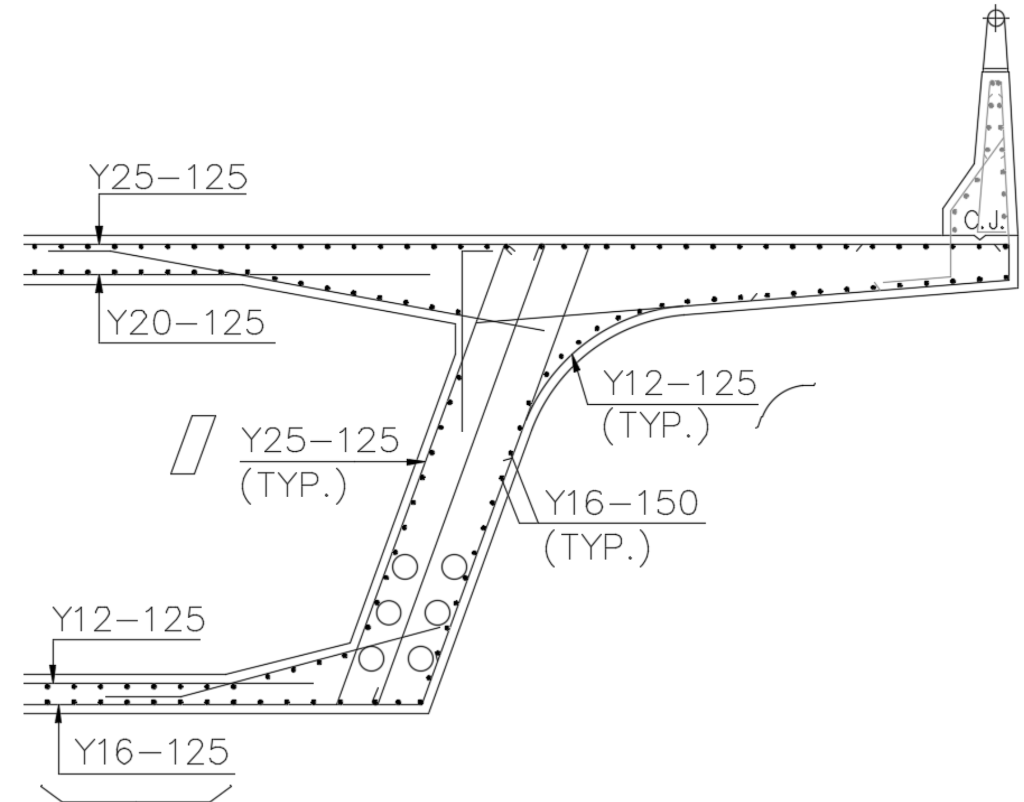
Section Dimensions

- Web Thickness (W.T):
  - The webs in the box girder are responsible for resisting the shear force on the deck girder.
  - The web thickness should be chosen based on:
    - Resist the shear stress on the box girder.
    - Contain the prestressing cable.
  - For optimized design and economic web thickness, the web thickness shall vary over the span of the box girder.

Box Girder Bridge Section Dimensions

Section Dimensions

- Web Thickness (W.T):
  - The duct diameter and spacing between ducts are specified by the prestressing provider.
  - Concrete cover of the webs shall be considered.
  - Stirrups diameter in the web and longitudinal reinforcement also shall be considered.



Box Girder Bridge Section Dimensions



Section Dimensions

- Web Thickness (W.T):
  - Typically the clear spacing between prestressing ducts shall not be less than O.D of the prestressing duct.
  - The spacing is recommended by the prestressing provided.

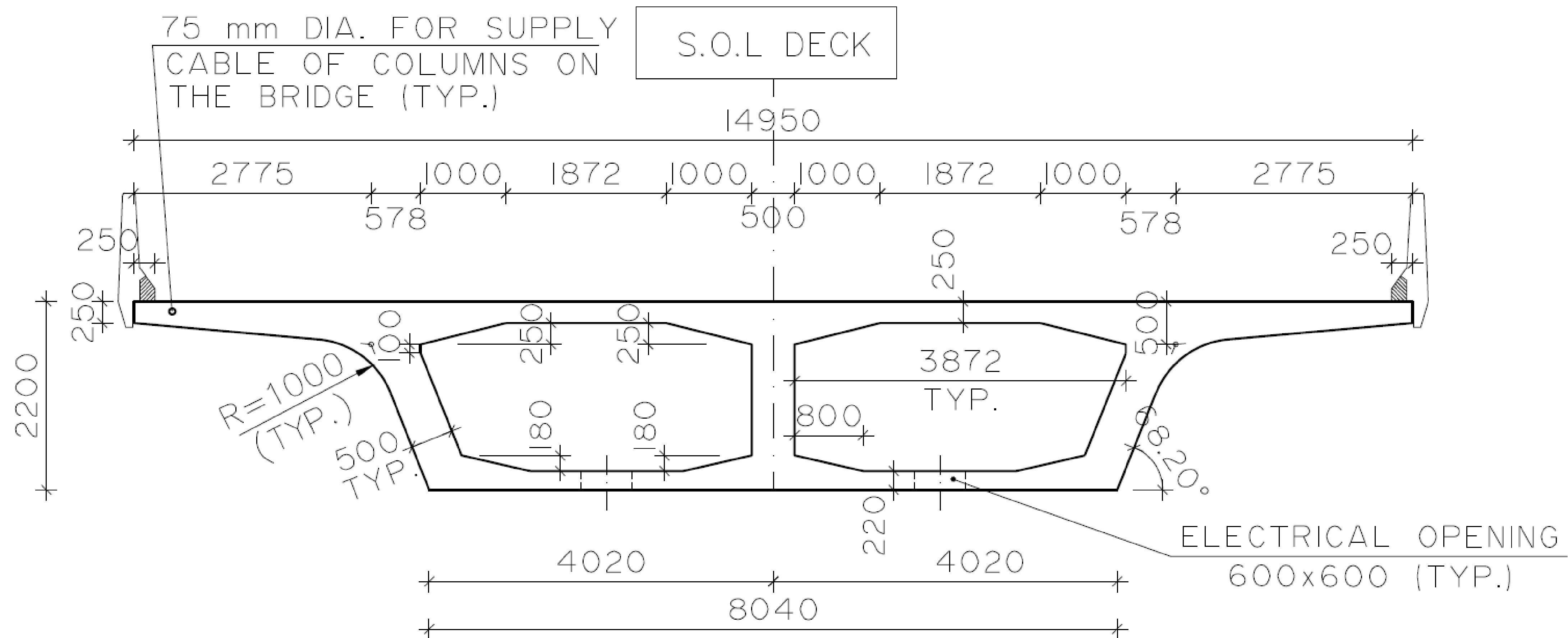
Dimensions of Corrugated Duct (Standard Sizes)

Tendon Type		Sheating	
0.5"	0.6"/0.62"	I.D. [mm]	O.D. [mm]
5901	6801	25	30
5902	6802	40	45
5904	6803	45	50
5905	6804	50	55
5907	6805	55	60
5909	6807	60	65
5912	6809	70	75
5915	6812	80	85
5920	6815	85	90
5927	6819	95	100
5932	6822	100	105
5937	6827	110	117
–	6831	120	127
–	6837	130	137
–	6843	140	147
–	6849	150	157
–	6855	160	167

DYWIDAG Prestressing System

Box Section assignment in CSI Bridge Software

Box Girder Bridge Section Dimensions



Box Girder Bridge Section Dimensions

ENGO SOFT
EGYPT

75 mm DIA. FOR SUPPLY CABLE OF COLUMNS ON THE BRIDGE (TYP.)

S.O.L DECK

14950

2775
1000
1872
1000
1000
1872
1000
2775

578
500
578

250
250
250
250
250
250
500
100

2200

3872
TYP.

R=1000
(TYP.)

500
TYP.

180
180

800

8.20°

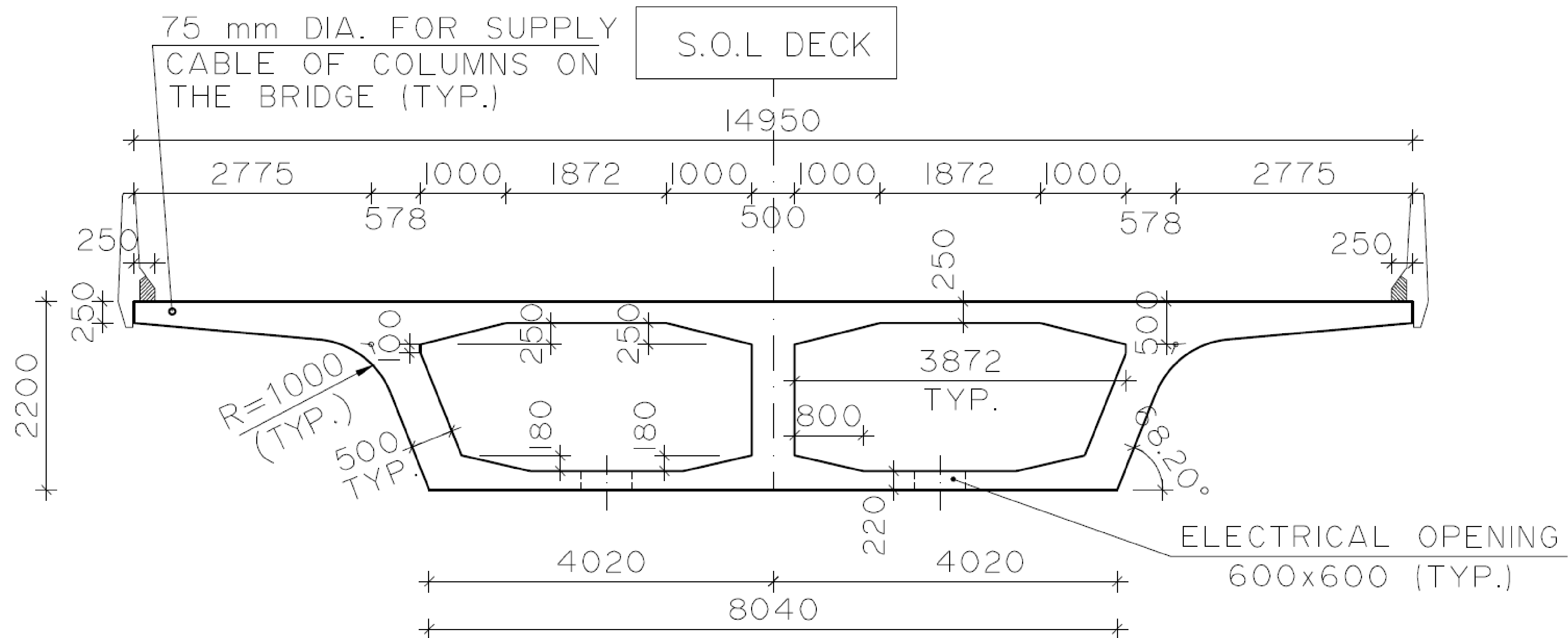
220

ELECTRICAL OPENING
600x600 (TYP.)

4020
4020
8040



Box Girder Bridge Section Dimensions



Vertical Dead Loads on Bridges

Vertical Dead Loads on Bridges

Deck Section Own Weight:

- The weight of the deck section is automatic calculated by the software.
- Own weight of the deck = area * concrete unit weight (25 kN/m²)
- Deck weight is in unit: kN/m’

12150
425 2096 649 1200 3410 1200 649 2096 425
S.O.L. DECK
CAST IN SITU PARAPET
C.J. TYP.
T.P.
R1000 TYP.
2100 300 149 655 996
175 280 500 550 700 180 400 220
10.00%
1881 861 363 5940 363 861 1881

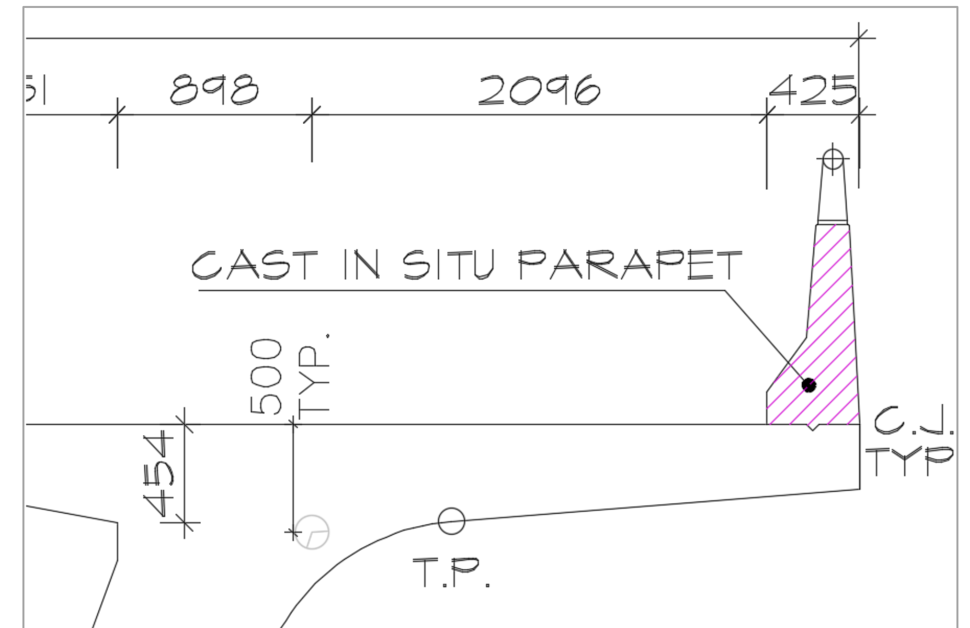

Area: 7.765
Perimeter: 40.360
Bounding box: X: −6.075 −− 6.075
Y: −1.359 −− 0.741
Centroid: X: 0.000
Y: 0.000
Moments of inertia: X: 4.219
Y: 80.133

Vertical Dead Loads on Bridges



Parapet own Weight:

- The weight of the parapet shall be defined as a line load in the software.
- Weight of the parapet =
  area * concrete unit weight (25 kN/m²)
- Parapet weight is in unit: kN/m’



Area: 0.242
Perimeter: 2.497

Vertical Dead Loads on Bridges

Wearing surface Weight:

- The weight of the wearing surface shall be defined as an area load in the software.
- Weight of the wearing surface =
  wearing surface thickness * asphalt unit weight (22 kN/m^3)
- Wearing surface weight is in unit: kN/m^2
- Any additional wearing surface shall be considered.

